



(19)

(11) Publication number: **10270912 A**

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN(21) Application number: **10082479**(51) Intl. Cl.: **H01P 1/383 H01P 11/00**(22) Application date: **16.03.98**(30) Priority: **31.03.93 JP 05 94950**(43) Date of application
publication: **09.10.98**(84) Designated contracting
states:(71) Applicant: **TDK CORP**(72) Inventor: **MIURA TARO**
FURUBAYASHI MAKOTO
SUZUKI KAZUAKI
FUJII TADAO

(74) Representative:

**(54) MANUFACTURE OF
CIRCULATOR**

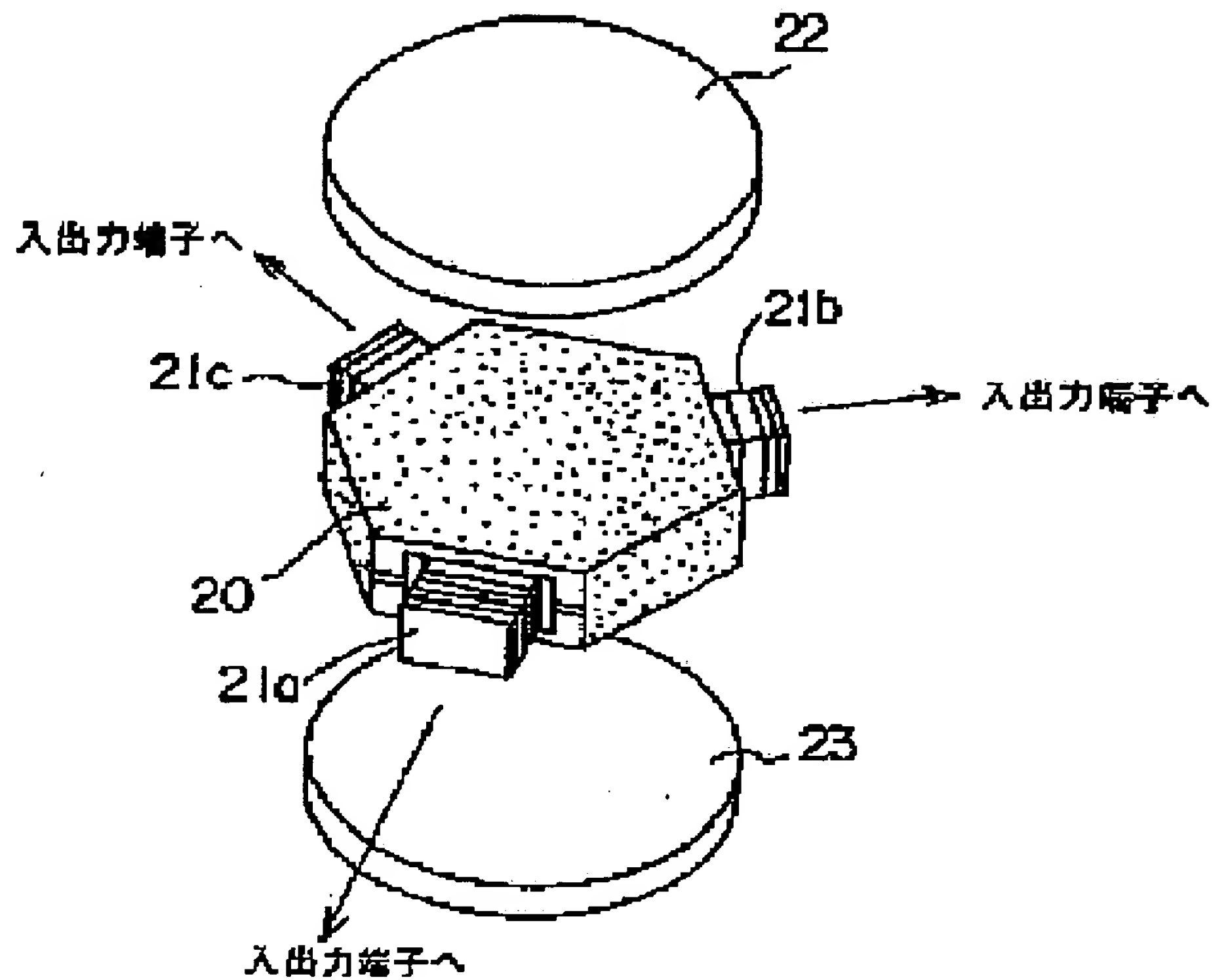
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To miniaturize a circulator, to widen a band, to reduce a loss and to reduce the cost by electrically connecting a magnetic rotator formed by integrally baking so that an insulating magnetic body surrounds an inner conductor having a prescribed pattern in a close contact state and resonance capacitor parts which are differently formed.

SOLUTION: The insulating magnetic body integrally forms the magnetic rotator 20 in the close contact state so that it surrounds strip-like coil patterns which are stacked in two layers and extend in three pairs of radiation directions. One end of the respective patterns is electrically connected to the terminal electrode provided for the side. The resonance capacitors 21a, 21b and 21c of multilayer triplet strip line structure with a wide operation frequency

range are connected to the terminal electrode. Thus, the generation of an inverse magnetic field is eliminated and the asymmetrical loss is reduced by setting the inner conductor and the magnetic body in the close contact state. Since the magnetic rotator and the resonance capacitor parts are differently formed, they can be assembled in spite of the baking characteristics of them and productivity improves.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-270912

(43) 公開日 平成10年(1998)10月9日

(51) Int.Cl.⁹

H 0 1 P 1/383
11/00

識別記号

F I

H 0 1 P 1/383
11/00

A
P

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平10-82479
(62) 分割の表示 特願平6-70245の分割
(22) 出願日 平成6年(1994)3月16日

(31) 優先権主張番号 特願平5-94950
(32) 優先日 平5(1993)3月31日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003067
ティーディーケイ株式会社
東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(72) 発明者 三浦 太郎
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内
(72) 発明者 古林 眞
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内
(72) 発明者 鈴木 和明
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケイ株式会社内
(74) 代理人 弁理士 山本 恵一

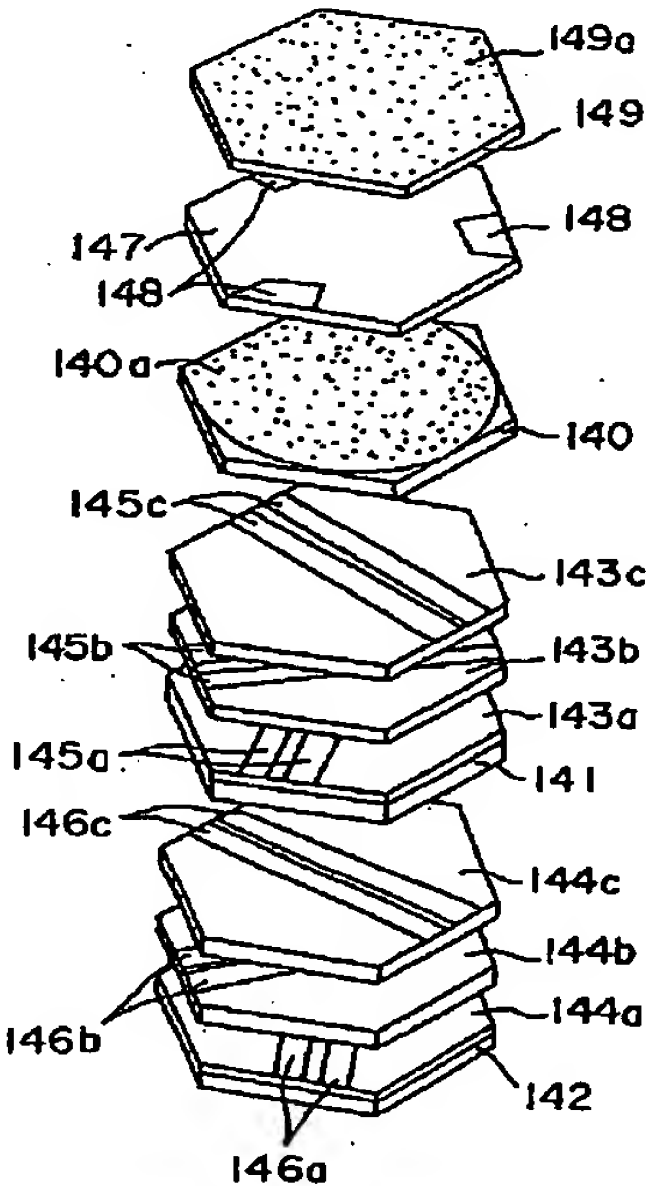
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 サーキュレータの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 小型化、広帯域化、低損失化、及び／又は低価格化を図ることのできるサーキュレータの製造方法を提供する。

【解決手段】 所定パターンを有する内部導体を絶縁性磁性体が密接状態で取り囲むように一体的に焼成して磁気回転子を形成し、一方、キャパシタ電極を誘電体基板に設けて共振用キャパシタ部を別個に形成し、このように形成した磁気回転子と形成した共振用キャパシタ部とを電氣的に接続して組み立てる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定パターンを有する内部導体を絶縁性磁性体が密接状態で取り囲むように一体的に焼成して磁気回転子を形成し、一方、キャパシタ電極を誘電体基板に設けて共振用キャパシタ部を別個に形成し、前記形成した磁気回転子と前記形成した共振用キャパシタ部とを電氣的に接続して組み立てることを特徴とするサーキュレータの製造方法。

【請求項2】 前記組み立てた磁気回転子及び共振用キャパシタ部上に、直流磁界を印加するための励磁用永久磁石を設けることを特徴とする請求項1に記載の製造方法。

【請求項3】 次いで、連続する磁路を有する金属製ハウジングを前記励磁用永久磁石に密着固定することを特徴とする請求項2に記載の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波帯域等で用いられる無線機器、例えば携帯電話のごとき移動無線機器等に使用される集積型のサーキュレータの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】集中定数型サーキュレータは、一般に、図18の分解斜視図に示すとき基本構造を有し平面形状が円形の組立式の磁気回転子を備えていた。同図において、200はガラス・エポキシ樹脂等からなる円形の非磁性体基板であり、この非磁性体基板200の上下面にはコイル導体（内部導体）201及び202が形成されている。コイル導体201及び202は、非磁性体基板200を貫通するビアホール203で互いに接続されている。コイル導体201及び202を形成したこの非磁性体基板200を両側から挟むように、円形の磁性体部材204及び205が組立式で取り付けられており、コイル導体201及び202に印加される高周波電力によってこれら磁性体部材204及び205内に回転高周波磁束が生じるように構成されている。このように、一般的な磁気回転子は形状が円形であり、しかもコイル導体を形成した非磁性体基板200の両側に磁性体部材204及び205を単に積み重ねて接着した構成となっている。

【0003】サーキュレータ全体としては、図19の分解斜視図に示すように、コイル導体201（202）を形成したこの非磁性体基板200の両側に、磁性体部材204及び205、接地導体電極206及び207、励磁用永久磁石208及び209、並びに上下に分割されており励磁用永久磁石208及び209からの磁束用磁路を構成する分割式の金属製ハウジング210及び211をこの順序でそれぞれ積み重ねて組立て固定することによって形成される。

【0004】図示されていない入出力端子を介してコイ

ル導体201及び202に高周波電力を与えると、磁性体部材204及び205内にコイル導体201及び202の回りを回転する高周波磁束が発生する。この高周波磁束と直交する直流磁界を永久磁石208及び209から印加すると、磁性体部材204及び205は、図20に示すように、高周波磁束の回転方向に応じて異なる透磁率 μ 、及び μ を示すこととなる。サーキュレータは、高周波信号の伝播速度がこのような透磁率の違いによって回転方向によって異なり、その結果、磁気回転子内の打ち消し効果で特定の端子への信号の伝播を止め得ることを利用しているのである。非伝播端子は、透磁率 μ 、及び μ の性質から、駆動端子に対する角度関係で設定される。例えば、ある回転方向に沿って端子A、B、Cがこの順序で配置されているとすると、駆動端子Aに対する非伝播端子が端子Bである場合に、駆動端子Bに対する非伝播端子は端子Cとなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】サーキュレータは、携帯電話のごとき移動無線機器において増幅器間の干渉防止や電力増幅器を反射電力から保護するための有用な素子として広く採用されているが、これらの機器の普及化及び小型化に伴って、サーキュレータ自体もさらに小型化、広帯域化、低損失化、及び低価格化することが要求されている。このような要請に応えるためには、透磁率 μ 、及び μ 間の差が大きくかつ駆動回路の損失が小さいサーキュレータが必要となる。

【0006】しかしながら一般的なサーキュレータでは、2つの分割されている磁性体部材204及び205により駆動線路を挟む構成とした場合にその磁路が非磁性体基板200によって遮断されてしまう。このため、磁性体部材204及び205と非磁性体基板200との境界面に反磁界が発生し、その結果、透磁率がどうしても低減してしまうから上述の要請に充分に応えることができなかった。

【0007】非磁性体基板200との境界面に発生する反磁界を減少させてコンパクトなサーキュレータを構成すべく、本発明者等は、基板200を磁性体を練り込んだシートで構成したサーキュレータを試作した。この構成によれば境界面で発生する反磁界が多少は減少するものの、前述の要請に応える程充分なものでは全くなかった。

【0008】また、一般的なサーキュレータはその磁気回転子の平面形状が円形であるため、その側面の端子に回路素子（共振キャパシタ、整合抵抗等）を外付けした場合、その分全体の寸法が大きくなってしまいうという不都合をも有していた。

【0009】さらにまた一般的なサーキュレータでは、磁気ヨークを構成するハウジングが、2つに分割されている部品210及び211を機械的に組み立てることにより構成されるものであるため、励磁用磁路の磁気抵抗

が非常に高くなってしまい、しかも組み立て作業に多大な手間がかかるものであった。

【0010】従って本発明は、小型化、広帯域化、低損失化、及び／又は低価格化を図ることのできるサーキュレータの製造方法を提供するものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、所定パターンを有する内部導体を絶縁性磁性体が密接状態で取り囲むように一体的に焼成して磁気回転子を形成し、一方、キャパシタ電極を誘電体基板に設けて共振用キャパシタ部を別個に形成し、このように形成した磁気回転子と形成した共振用キャパシタ部とを電気的に接続して組み立てるサーキュレータの製造方法が提供される。

【0012】このように、磁気回転子としては、絶縁性磁性体が密接状態で内部導体を取り囲むように一体的に焼成されているので、磁性体内に不連続部が存在しない。その結果、磁気回転子内において高周波磁束が連続する閉ループとなるから反磁界が発生しない。しかも、内部導体パターンの3回対称性から端子間の伝播特性が互いに一致せしめられるので、非対称による損失のない完成されたサーキュレータ動作を得ることができる。特に本発明では、磁気回転子と共振用キャパシタ部とを別個に焼成して形成した後に電気的に接続しているので、磁気回転子の磁性体と共振用キャパシタ部の誘電体との焼成特性が異なっても全く問題なく両者の組み立てが可能である。

【0013】組み立てた磁気回転子及び共振用キャパシタ部上に、直流磁界を印加するための励磁用永久磁石を設けることが好ましい。

【0014】次いで、連続する磁路を有する金属製ハウジングを前記励磁用永久磁石に密着固定することが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本出願人の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す一部破断斜視図であり、図2はその磁気回転子に外付けの共振用キャパシタ及び永久磁石を取り付けた先行技術のサーキュレータの構成を示す分解斜視図、図3はこのサーキュレータの等価回路図、図4は図1の磁気回転子の製造工程の一部を説明する図である。

【0016】これらの図に示すように、このサーキュレータは3端子型であり、従ってその磁気回転子は平面形状が正六角形となるように形成されている。しかしながら、均等な回転磁界が発生できる構造であれば、形状はかならずしも正六角形でなくともよく、六角形又はその他の多角形であってもよい。

【0017】図1において、10は一体的に焼成された磁性体層を示しており、この磁性体層10に取り囲まれて所定パターンの内部導体（中心導体）11が形成されている。内部導体11は、後述するように2層に積層さ

れた構成となっており、2本1組で3つの放射方向（六角形の少なくとも1つの辺に垂直な放射方向）にそれぞれ伸長するストリップ状のコイルパターンが各層に設けられている。両層上の同一方向に伸長するストリップ状のコイルパターンは、ビアホール導体を介して互いに電気的に接続されている。これは、磁性体層を絶縁物としても利用しているものである。各コイルパターンの一端は、磁性体層10の1つおきの側面に設けられている端子電極12に電気的に接続されている。磁性体層10の上面及び下面並びに磁性体層10の端子電極12の設けられていない各側面には、接地導体（グランド電極）13が設けられている。各コイルパターンの他端は、各側面の接地導体13に電気的に接続されている。

【0018】本出願人の先行技術であるサーキュレータ全体としては、図2に示すように、このように構成された磁気回転子20の3つの端子電極（12）に、共振用キャパシタ21a、21b、及び21cが電気的に接続されている。これらキャパシタ21a、21b、及び21cとしては、本出願人が既に提案し公開されている特開平5-251262号明細書及び図面に記載されているとき自己共振周波数の高い貫通型の高周波キャパシタを使用している。この高周波キャパシタは、接地導体、誘電体、内部導体、誘電体の順序で重ねてなる1単位の多層体を少なくとも1単位重ねた上にさらに接地導体、誘電体をこの順序で重ねた多層トリプレート・ストリップ線路構造からなっている。このような貫通型の動作周波数範囲の広いキャパシタを用いることによりQの低下を防止することができる。なお、端子電極とキャパシタとの接続態様は、図3の等価回路図に示す通りである。

【0019】磁気回転子20の上下には、この磁気回転子20に直流磁界14（図1参照）を印加するための励磁用永久磁石22及び23（図2）がそれぞれ取り付けられている。永久磁石22及び23並びに図2には示されていないハウジングの組み付け構造等については後述する。

【0020】次にこのサーキュレータの製造工程について説明する。

【0021】図4の（A）に示すように、同一絶縁性磁性体材料による上部シート40、中間シート41、及び下部シート42を用意する。磁性体材料としては、イットリウム鉄ガーネット（以下YIGと称する）を用い、これを次のような成分比を有するシートに形成する。ただし、上部シート41及び下部シート42はシート厚が約1mmであり、通常は100～200μm（好ましくは160μm）のシートを積層して用いる。中間シート41はシート厚が約160μmである。

YIG粉末	61.8	重量%
バインダー	5.9	重量%
溶剤	32.3	重量%

【0022】中間シート41の所定位置には、このシートを貫通するビアホール43a、43b、及び43cが形成される。各ビアホール位置には、その直径よりやや大きい面積のビアホール導体が印刷又は転写によって形成される。

【0023】中間シート41及び下部シート42の上面には、各組が同一放射方向（六角形の少なくとも1つの辺に垂直な放射方向）にビアホール部分を避けて伸長する2本のストリップ状パターンからなる3組のコイルパターンによる上部内部導体44a、44b、及び44c並びに下部内部導体45a、45b、及び45cが銀ペースト、パラジウムペースト、又は銀-パラジウムペーストの印刷又は転写によってそれぞれ形成される。このように形成した上部シート40、中間シート41、及び下部シート42を順次重ね合わせた後、加温加圧工程でスタックする。これにより、中間シート41の表裏両面に3回対称のコイルパターンが配置されることとなり、その対称性から3端子サーキュレータの端子間の伝播特性が互いに一致せしめられる。

【0024】このようにスタックされた上部シート40、中間シート41、及び下部シート42を、内部導体の融点（例えば内部導体が銀である場合は、約960℃）以上の温度、例えば1450℃で焼成する。焼成は1回であってもよいし、複数回行ってよい。複数回の場合は少なくとも1回は融点以上の焼成とする。この焼結によって上部シート40、中間シート41、及び下部シート42を構成する磁性体が連続状態となり一体となる。

【0025】磁性体材料であるYIGの焼結終了温度は内部導体（例えば銀又は銀-パラジウム）の融点より高く、従って、上述の焼成工程では、まず導体（例えば銀又は銀-パラジウム）が密閉状態で熔融した後に磁性体の焼結が行われる。このような素子製造方法は、内部導体熔融法として本出願人により既に提案され公開されている（特開平5-183314号、特開平5-315757号）。このような内部導体熔融法によれば、内部導体が熔融状態になり、構造が緻密化して、導体の接触状態が改善され、線路の損失が低減する。

【0026】上述した内部導体熔融法は、絶縁性の素体と内部導体とを同時焼成する際の温度を導体の融点以上とし、内部導体を熔融状態として構造の緻密化を図ると共に用いる導体粉によって生じる内部導体内の粒界を実質的に消滅させるものである。導体ペーストにてパターンを形成する場合、用いる導体粉（銀粉）は、銀の含有量が90重量%以上のもの、特に純度99重量%以上のものを用いることが好ましい。導体ペースト中の導体粉の含有量は、60～95重量%、特に70～90重量%とすることが望ましい。また、熔融後の網目構造の発生を減少させるために導体粉融点付近に軟化点を有する30体積%以下のガラスフリットを導体粉に添加すること

もある。

【0027】ビアホール導体としては、内部導体と同じ金属ペースト（例えば銀ペースト）を用いてもよいが、内部導体より融点の高い導体、例えば内部導体が銀の場合にパラジウムのペーストを用いてもよい。ビアホール導体及び内部導体の融点と焼成温度とを工夫して電気的特性を向上させる点については、本出願人が既に提案し公開された特開平5-327221号明細書及び図面に記載されている。即ち、絶縁性磁性体の焼成終了温度（YIGの場合、約1450℃）よりも高い融点を有する金属（純パラジウムの場合、約1555℃）をビアホール導体として使用し、焼成温度を内部導体の融点より高くビアホール導体の融点より低い温度（例えば1450℃）とすることにより、焼成時にビアホール導体が熔融せずこれが内部導体を閉じ込める栓の役目を果たすので内部導体の外部への流出が防止でき電気的特性の劣化を防ぐことができる。

【0028】以上の焼成工程によって、上部内部導体44a、44b、及び44cの一端と下部内部導体45a、45b、及び45cの一端とがビアホール43a、43b、及び43c内のビアホール導体を介して電氣的にそれぞれ接続されることとなる。

【0029】なお、図4の(A)では、上部シート40、中間シート41、及び下部シート42をそれぞれ正六角形に分離した状態で説明しているが、実際には、多数の磁気回転子に係る内部導体及びビアホール導体を印刷配列したシートをスタックした状態で焼結前に又は焼結後に各磁気回転子毎に切断することが量産上から望ましい。焼結前に切断した場合は、切断して得た多数の正六角形状の磁気回転子を上述のごとく焼成する。焼結前に切断するか又は焼結後に切断するかは、内部導体に用いる金属の種類及び切断方法に応じて選択される。例えば、内部導体として銀を用いる場合は、熔融によって銀が流出しないように、焼成後に切断される。内部導体としてパラジウムを用いる場合は焼成前に切断が可能である。

【0030】図5は、シート上における各磁気回転子の配列例を示す分解斜視図である。同図に示すように、上部シート50、中間シート51、及び下部シート52を用意し、中間シート51及び下部シート52の上面に多数の内部導体54及び55をそれぞれ印刷しておき、これらを積み重ねたシートを焼成した後、各単体毎に切断する。シート上における各磁気回転子の配列を図5に示すようにすると、切断が直線的であるから容易となりかつ焼成後も切断可能となるが、不要となる材料面積が大きくなってしまう。

【0031】図6は、シート上における各磁気回転子の他の配列例を示す斜視図である。同図の例は、隣接する磁気回転子間にスペースが存在しないように稠密に六角形を配置させたものであり、このように配置とすれば材

料の歩留の点で有利となる。同図における各数字は切断の順序を表しており、このような順序で次々に切断する方法によると、その切断工程が多少複雑となる。

【0032】図7は、この切断を簡略化できる切断工程を説明する平面配置図である。同図の(A)に示すごとく、シート上における各磁気回転子の配列は、図6の例と同様である。即ち、まず、隣接する磁気回転子間にスペースが存在しないように稠密に六角形が配置されるようにパターン印刷を行った各シートをスタックする。次に各六角形の境界に沿ってスナップ目を入れる。次いで、1回のパンチングによって同図の(B)に示す六角形磁気回転子部分aを分離する。次に1回のパンチングによって六角形磁気回転子部分bを分離する。この2回のパンチングによって六角形磁気回転子部分cも分離でき、全ての磁気回転子の切断が行われることとなる。このように切断された磁気回転子は、上述のごとく焼成される。

【0033】切断及び焼成処理の後、各磁気回転子は、バレル研磨されて側面に現れる内部導体が露出せしめられ、かつ焼結体のコーナーの面取りが行われる。その後、図4の(C)に示すように、磁気回転子の1つおきの側面に端子電極46を、その上面及び下面並びに磁気回転子の端子電極46を設けない各側面に接地導体47を焼き付けて形成する。これにより、上部内部導体44a、44b、及び44cの磁気回転子側面に露出している他端が各端子電極(46)に電気的に接続されることとなり、下部内部導体45a、45b、及び45cの磁気回転子側面に露出している他端が各側面の接地導体(47)に電気的に接続されることとなる。

【0034】このようにして完成した磁気回転子は、直径6mmの円に内接する正六角形の平面形状を有し、その厚さが2mmである。従来技術では、この磁気回転子の各端子電極(46)に、図2に示すように、共振用キャパシタ21a、21b、及び21cを組み付けてリフロー法等によりはんだ付けする。その後、直流磁界を印加するための励磁用永久磁石と磁気ヨークを兼用する金属ハウジングとを組み付けてサーキュレータが完成する。

【0035】図8は、ハウジング自体の構造、並びに磁気回転子に励磁用永久磁石及びハウジングを組み付けたサーキュレータの構造を示す分解斜視図及び斜視図である。ハウジングを組み付ける場合には、同図の(A)に示すように、まず共振用キャパシタ(81a)をその1つおきの側面にそれぞれ取り付け付けた磁気回転子80の上下面に励磁用永久磁石82及び83をそれぞれ積み重ねる。そして、側面から絶縁物支持体84及び85を押し当てることにより、この磁気回転子80並びに励磁用永久磁石82及び83を支持する。その際、絶縁物支持体84及び85に設けられた入出力端子86aと磁気回転子80に取り付けられた共振用キャパシタ81a(又は

取り出し端子)との間に、クリームはんだを付着させた接続リード87aを挟んで機械的に押し止める。接続リード87aは、例えば、弾性を有するU字形の薄い銅製ストリップで構成される。また、絶縁物支持体84及び85は、セラミック、ガラスエポキシ樹脂又はその他の高温に耐える樹脂で成型される。

【0036】次いで、同図(B)に示すように、このように絶縁物支持体84及び85によって支持された磁気回転子及び励磁用永久磁石の組立体88を金属ハウジング89内に密着的に挿入し、かしめ用突起90を折り曲げて固定する。これにより金属ハウジング89と励磁用永久磁石82及び83とが密着固定されることとなる。金属ハウジング89は、磁気ヨークとして動作可能な金属、好ましくは鋼板で構成されており、その表面には、ニッケルやクロム等のめっき処理が施されている。このハウジング89は、対向する2面が開口しその他の面が連続している角筒形状を有している。このようにして組み立てたものを、リフロー炉に通してはんだを溶融させ、接続リード87a及び入出力端子86a間、接続リード87a及び共振用キャパシタ81a(又は取り出し端子)間の接続を行う。図8の(C)は、このようにして完成させたサーキュレータ91を示している。

【0037】サーキュレータの動作周波数帯域及び損失は、ほとんどが磁気回転子の性能で決定する。即ち、透磁率 μ 、及び μ 間の差が大きく、磁気正接及びコイルの抵抗が小さいほど、広帯域、低損失の磁気回転素子となる。上述のごとく、内部導体溶融法を用いて形成した磁気回転子によれば、以下に述べるような利点を得られる。

(1) 磁性体が焼結によって連続状態となるので磁気回転子内において高周波磁束が閉じる。その結果、反磁界が発生しないから μ 、及び μ の値が大きくなり、インダクタンス増加に応じた小型化が図れる。

(2) 磁性体が焼結によって連続状態となるので磁気回転子内において高周波磁束が閉じる。その結果、反磁界が発生しないから μ 、及び μ 間の差が大きくなり、動作周波数帯域が広がる。

(3) コイル導体が溶融法により形成されるので抵抗が小さくなり、損失が小さくなる。

(4) 量産に適した構造であるため、量産効果によるコストダウンの幅が大きくなる。

(5) 磁気ヨークが分割されておらず一体化されて連続する磁路を有しており励磁用永久磁石に密着固定されているので、励磁用の磁路が切れ目なく連続するようになり、磁気抵抗が非常に小さくなり特性の大幅な向上を図ることができる。

【0038】図9は、上述した内導体溶融式の少なくともパターンの主要部(中心部、交差する部分)が3回対称性を有する内部導体を有するサーキュレータと組立式のサーキュレータとの特性を比較する図であり、横軸は

周波数、縦軸は非伝播端子間挿入損失及び伝播端子間挿入損失を示している。内導体溶融式のサーキュレータが、組立式のサーキュレータと同じ大きさでありながら動作中心周波数が低くしかも損失が小さいことは、同図からも明らかである。

【0039】図10は本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成、及びサーキュレータの組立てを概略的に示す分解斜視図である。この先行技術において内部導体（中心導体）の構成は、六角形の少なくとも1つの辺に平行な放射方向に伸長している点を除いては図1の場合と同じである。即ち、同図の（A）に示すように、磁性体材料による中間シート121の上面及び下面には、各組が同一放射方向に伸長する2本のストリップ状パターンからなる3組のコイルパターンによる上部内部導体124a、124b、及び124c並びに下部内部導体125a、125b、及び125cがそれぞれ形成されている。中間シート121の所定位置には、このシートを貫通するヴィアホール123a、123b、及び123cが形成されている。

【0040】中間シート121の上下には、これと同一絶縁性磁性体材料による上部シート120及び下部シート122がスタックされ、焼成される。この焼成によって上部シート120、中間シート121、及び下部シート122を構成する磁性体が連続状態となって一体化される。また、上部内部導体124a、124b、及び124cの一端と下部内部導体125a、125b、及び125cの一端とがヴィアホール123a、123b、及び123c内のヴィアホール導体を介して電氣的にそれぞれ接続されて駆動線路が構成される。焼成後の磁気回転子が図10の（B）に示されている。この磁気回転子のここまでのその他の製造工程、並びに磁性体材料及び導体材料については、図1の場合と同様である。

【0041】その後、図10の（C）に示すように、磁気回転子の各側面の一部に端子電極126を、その上面及び下面の一部を切り欠いた大部分並びに各側面の一部に接地導体127を焼き付けて形成する。これにより、上部内部導体124a、124b、及び124cの磁気回転子側面に露出している他端が接地導体（127）に電氣的に接続されることとなり、下部内部導体125a、125b、及び125cの磁気回転子側面に露出している他端が各側面の各端子電極（126）に電氣的に接続されることとなる。

【0042】このようにして完成した磁気回転子は、直径6mmの円に内接する正六角形の平面形状を有し、その厚さが2mmである。この磁気回転子の側面の各端子電極（126）及び接地導体（127）に、共振用キャパシタ130a、130b、及び130cを組み付けてリフロー法等によりはんだ付けする。その後、直流磁界を印加するための励磁用永久磁石128及び129と図

8に関連して説明したように磁気ヨークを兼用する金属ハウジングとを組み付けてサーキュレータが完成する。図10の（D）は磁気回転子に共振用キャパシタ130a、130b、及び130cと励磁用永久磁石128及び129とを組み付けた状態を示している。

【0043】共振用キャパシタ130a、130b、及び130cは、図11の分解斜視図に示すように、誘電体ブロック131と、この誘電体ブロック131の後面及び側面の一部に設けられた接地側電極132と、誘電体ブロック131の前面、側面及び後面の一部に設けられた入出力側電極133とから構成される等価的な貫通型キャパシタである。このようなキャパシタを図10の（C）のごとく取り付けることにより、その入出力側電極133が磁気回転子の側面外方向に向くこととなり、この入出力側電極133をハウジングの入出力端子に接続するための接続リード（図8参照）の取り付けが非常に容易となる。

【0044】図12は本発明の一実施形態として3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。この実施形態では、磁性体シートと同じ形状の誘電体シート及びキャパシタ用電極を別個に形成し、これも別個に形成した磁気回転子と組み立てることにより共振用キャパシタと磁気回転子との組立体を形成している。磁気回転子部分は、この実施形態では、図では直線状のパターンを有するコイル導体を有するように示されているが、実際には、前述した先行技術のごとく、3回対称性を有するパターン構成のコイル導体を有している。

【0045】本実施形態の磁気回転子部分についてより詳しく説明すると、絶縁性磁性体材料による上部シート140、中間シート141、及び下部シート142と、内部導体がその上に印刷されており同じ絶縁性磁性体材料による基板シート143a、143b、143c、144a、144b、及び144cが積層され一体的に焼結されて連続層となっている。基板シート143a、143b、143c、144a、144b、及び144cの上面には、上部内部導体145a、145b、及び145c並びに下部内部導体146a、146b、及び146cがそれぞれ形成されている。上部内部導体145a及び下部内部導体146a、上部内部導体145b及び下部内部導体146b、並びに上部内部導体145c及び下部内部導体146cは、それぞれ、焼成後に磁気回転子の側面から露出しているそれらの端部を接続するコイル用ジャンパー導体（図示なし）によって次々に接続され、これによって上述のコイル導体が構成される。上部シート140の上面及び下部シート142の下面には、磁気回転子用接地導体がそれぞれ形成されている。

【0046】磁気回転子部分の製造方法、並びに磁性体材料及び導体材料については、図1の先行技術の場合と同様である。なお、この磁気回転子部分は、磁性体シー

トの両面に上述のごときパターンの内部導体を印刷するようにしてもよいし、図12に示す構造と異なる図1又は図10に示すごときのものであってもよい。

【0047】共振用キャパシタ部分は、上部シート140の上面に形成された磁気回転子用接地導体140aと、その上に積層された磁気回転子と同じ正六角形形状の第1の誘電体シート147と、この誘電体シート147の上面に形成されたキャパシタ電極148と、その上に積層された磁気回転子と同じ正六角形形状の第2の誘電体シート149と、この誘電体シート149の上面に形成されたキャパシタ用接地電極149aとからなっている。キャパシタ電極148は、磁気回転子の側面に形成されるキャパシタ用ジャンパー導体（図示なし）を介して上述のコイル導体の一端に接続される。磁気回転子用接地導体140aは、キャパシタ用ジャンパー導体と短絡されるのを防止するため、その一部が切欠かれている。この磁気回転子用接地導体140aは、キャパシタ用接地電極をも兼用している。このように、キャパシタ電極148及び磁気回転子用接地導体140a間と、キャパシタ電極148及びキャパシタ用接地電極149a間とにそれぞれキャパシタが形成されることとなるが、容量が充分である場合には第2の誘電体シート149及びキャパシタ用接地電極149aを省略してもよい。その場合、キャパシタ電極148を出力端子として利用することができる。

【0048】本実施形態においては、磁気回転子部分と共振用キャパシタ部分とを個別に焼成しはんだ付けにより両者を組立てているため、誘電体と磁性体とでは焼成特性が異なるので同時焼成が不可能な場合であっても製造可能である。上部シート140の上面に磁気回転子用接地導体の代わりにキャパシタ電極148を設け、第1の誘電体シート147を省略してキャパシタ用接地電極149aを磁気回転子用接地導体に兼用してもよい。

【0049】図13は本出願人の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。この先行技術は、磁性体を誘電体として動作させ磁気回転子内に共振用キャパシタを一体的に形成したものである。磁気回転子部分は、この技術では、図では直線状のパターンを有するコイル導体を有するように示されているが、実際には、前述した先行技術のごとく、3回対称性を有するパターン構成のコイル導体を有している。

【0050】この先行技術の磁気回転子部分についてより詳しく説明すると、絶縁性磁性体材料による最上部シート158、上部シート150、中間シート151、及び下部シート152と、内部導体がその上に印刷されており同じ絶縁性磁性体材料による基板シート153a、153b、153c、154a、154b、及び154cが積層され一体的に焼結されて連続層となっている。基板シート153a、153b、153c、154a、

154b、及び154cの上面には、コイルの巻回数に応じた数の上部内部導体155a、155b、及び155c並びに下部内部導体156a、156b、及び156cがそれぞれ形成されている。上部内部導体155a及び下部内部導体156a、上部内部導体155b及び下部内部導体156b、並びに上部内部導体155c及び下部内部導体156cは、それぞれ、焼成後に磁気回転子の側面から露出しているそれらの端部を接続するコイル用ジャンパー導体（図示なし）によって次々に接続され、これによって上述のコイル導体が構成される。最上部シート158の上面及び下部シート152の下面には、磁気回転子用接地導体がそれぞれ形成されている。

【0051】磁気回転子部分の製造方法、並びに磁性体材料及び導体材料については、図1の実施形態の場合と同様である。なお、この磁気回転子部分は、磁性体シートの両面に上述のごときパターンの内部導体を印刷するようにしてもよいし、図13に示す構造と異なる図1又は図10に示すごときのものであってもよい。

【0052】共振用キャパシタ部分は、上部シート150の上面に形成されたキャパシタ電極157と、その上に積層された最上部シート158と、この最上部シート158の上面に形成されたキャパシタ用接地電極（磁気回転子用接地導体と兼用）159とからなっている。キャパシタ電極157は、磁気回転子の側面に形成されるキャパシタ用ジャンパー導体（図示なし）を介して上述のコイル導体の一端に接続されている。磁性体による最上部シート158は、磁気回転子内の磁性体の一部として動作すると共に、キャパシタ電極157及びキャパシタ用接地電極159間の誘電体としても動作することとなる。この先行技術は、サーキュレータ容量値が小さくともよい場合に用いられるものであり、キャパシタ電極157はサーキュレータの動作に影響しないような位置に形成される。

【0053】この先行技術では、共振用キャパシタを磁気回転子と一体的に形成しているので、外付けでキャパシタを取り付ける必要がなくなり、その分製造工程が簡易化されるのみならず、サーキュレータを小型化することができる。

【0054】図14は本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。この先行技術は、磁気回転子の平面形状を矩形とした例である。同図に示すように、同一絶縁性磁性体材料による矩形の上部シート160、中間シート161、及び下部シート162が設けられている。中間シート161の上面及び下面には、各組が同一放射方向に伸長する2本のストリップ状パターンからなる3組のコイルパターンによる上部内部導体164a、164b、及び164c並びに下部内部導体165a、165b、及び165cがそれぞれ形成されている。中間シート161の所定位置には、このシートを貫

通するビアホール163a、163b、及び163cが形成されている。

【0055】中間シート161の上下には、上部シート160及び下部シート162がスタックされ、焼成されることによってこれら上部シート160、中間シート161、及び下部シート162を構成する磁性体が連続状態となって一体化される。また、上部内部導体164a、164b、及び164cの一端と下部内部導体165a、165b、及び165cの一端とがビアホール163a、163b、及び163c内のビアホール導体を介して電氣的にそれぞれ接続されて駆動線路が構成される。平面形状が矩形であることを除くこの先行技術の構成及び作用効果は、図1の先行技術の場合と同様である。

【0056】この先行技術では、中心からその外側に至るサーキュレータ動作に重要な駆動線路パターンの主要部（交差する部分）が3回対称性を有しているため、サーキュレータとして実質的に動作させることができる。もちろん、アイソレータとしても動作させて十分な特性を得ることができる。その場合、内部導体164a及び165aの一端に整合抵抗を接続し、内部導体164b及び165bの一端並びに内部導体164c及び165cの一端を入出力端子とする。もちろん、内部導体164a及び165a、内部導体164b及び165b、並びに内部導体164c及び165cの他端は接地導体に接続される。

【0057】図15は本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの一部の構成を概略的に示す分解斜視図である。この先行技術では、図1において磁気回転子に共振用キャパシタをはんだ付けする際に、基板170上にこれら磁気回転子及び共振用キャパシタを取り付けた状態で行うようにしている。基板170が付加されていることを除くこの先行技術の構成及び作用効果は、図1の先行技術の場合と全く同じである（図2参照）。

【0058】図16は本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの一部の構成を概略的に示す分解斜視図であり、図17は図16のサーキュレータの構成原理図である。この先行技術は、サーキュレータを集中定数型LC直列共振回路又は半波長共振線路でグラウンドから浮かせることによりその動作周波数の広帯域化を図ったものである。直列共振回路をサーキュレータ外部導体と接地導体との間にこのサーキュレータの中心軸に対しほぼ回転対称に配置することによってサーキュレータの広帯域化を図ることは、特公昭52-32713号明細書及び図面から公知である。

【0059】図16において、180は前述したいずれの先行技術によるものであってもよい磁気回転子を示している。この磁気回転子180の下側には磁気回転子と同じ平面形状のトリプレート線路型共振器181が積層

されている。トリプレート線路型共振器181は、内部導体と同時焼成が可能であり誘電率90程度の高誘電率誘電体シート182と、この誘電体シート182の上面の中心と同軸に設けられた円形のキャパシタ用電極183と、誘電体シート182の下に積層された誘電体基板184と、この誘電体基板184の上面に形成されており中央部にキャパシタ用電極185aが形成されているらせん状線路導体185と、誘電体基板184の下面に形成された接地導体（図示なし）とからなっている。キャパシタ用電極183とらせん状線路導体185の中央部のキャパシタ用電極185aとの間でキャパシタを構成し、らせん状線路導体185のらせん状線路がインダクタを構成する。らせん状線路導体185の他端185bはトリプレート線路型共振器181の側部に設けられた接続線路を介して誘電体基板184の下面の接地導体に接続されている。

【0060】トリプレート線路型共振器181を形成するには、キャパシタ用電極183を設けた誘電体シート182とらせん状線路導体185を設けた誘電体基板184とを積層し内部導体とこれら誘電体とを同時焼成する。磁気回転子180とトリプレート線路型共振器181との結合は、これらを個別に形成して積層し、はんだリフロー法によって、磁気回転子の下面に設けられた接地導体の電氣的中央位置にキャパシタ用電極183を接続することによってなされる。

【0061】以上の説明はトリプレート線路型共振器をLC直列共振回路で形成する場合である。半波長共振線路を用いてトリプレート線路型共振器を形成するには、らせん状線路導体を半波長の長さに設定すると共に、誘電体シート（182）の中心部にキャパシタ用電極（183）の代わりにビアホール及びビアホール導体を設け、中央部にあるらせん状線路導体の一端とこのビアホール導体とを接続する。らせん状線路導体の他端（185b）はトリプレート線路型共振器181の側部に設けられた接続線路を介して誘電体基板（184）の下面の接地導体に接続される。そして、上述の誘電体シート（182）とらせん状線路導体を設けた誘電体基板（184）とを積層し内部導体とこれら誘電体とを同時焼成する。磁気回転子とトリプレート線路型共振器との結合は、これらを個別に形成して積層し、はんだリフロー法によって、磁気回転子の下面に設けられた接地導体の電氣的中央位置にビアホール導体を接続することによってなされる。

【0062】この例のごとく、一体焼成された磁気回転子にトリプレート線路型共振器を積層して結合した構成とすれば、共振器をサーキュレータの中心軸に対し回転対称に対称性よく配置することが容易にかつ精度よく行えるので、小型かつ広帯域のサーキュレータを生産性よく得ることができる。

【0063】以上述べた例では、内部導体を銀ベース

ト、パラジウムペースト又は銀-パラジウムペーストを印刷することによって形成しているが、銀箔を打ち抜いて内部導体を形成してもよい。特に、抵抗損失が顕著でなくしかも磁性体と固溶しない場合に、金、パラジウム、銀-パラジウム又はそれらの合金で形成して好適である。

【0064】磁性体についても、内部導体と固溶しなければ、YIG以外の絶縁性磁性体材料を用いることが可能である。

【0065】内部導体として、磁性体の焼結終了温度より高い融点を有する導体材料を用い、内部導体を溶融せずに焼成するようにしても本発明のサーキュレータを構成することが可能である。

【0066】また、上述した例は3端子型サーキュレータに関するものであるが、本発明はそれ以上の数の端子を有するサーキュレータについても適用可能である。さらに、集中定数型サーキュレータ以外にも、磁気回転子と容量回路とが一体化され端子回路に動作周波数範囲を広げるためのインピーダンス変換器が組み込まれているような分布定数型サーキュレータにも適用可能である。またさらに、本発明のサーキュレータを発展させて例えばアイソレータ等の非可逆回路素子を容易に作成できることも明らかである。

【0067】

【発明の効果】以上詳細に説明したように本発明によれば、所定パターンを有する内部導体を絶縁性磁性体が密接状態で取り囲むように一体的に焼成して磁気回転子を形成し、一方、キャパシタ電極を誘電体基板に設けて共振用キャパシタ部を別個に形成し、このように形成した磁気回転子と形成した共振用キャパシタ部とを電気的に接続して組み立てるサーキュレータの製造方法が提供される。このように、磁気回転子としては、絶縁性磁性体が密接状態で内部導体を取り囲むように一体的に焼成されているので、磁性体内に不連続部が存在しない。その結果、磁気回転子内において高周波磁束が連続する閉ループとなるから反磁界が発生しない。しかも、内部導体パターンの3回対称性から端子間の伝播特性が互いに一致せしめられるので、非対称による損失のない完成されたサーキュレータ動作を得ることができる。特に本発明では、磁気回転子と共振用キャパシタ部とを別個に焼成して形成した後に電気的に接続しているため、磁気回転子の磁性体と共振用キャパシタ部の誘電体との焼成特性が異なっても全く問題なく両者の組み立てが可能である。その結果、本発明によれば、サーキュレータの小型化、広帯域化、低損失化、及び低価格化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本出願人の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す一部破断斜視図である。

【図2】図1の先行技術のサーキュレータ全体の構成を示す分解斜視図である。

【図3】図2のサーキュレータの等価回路図である。

【図4】図1の磁気回転子の製造工程の一部を説明する図である。

【図5】シート上における各磁気回転子の配列例を示す分解斜視図である。

【図6】シート上における各磁気回転子の配列例を示す斜視図である。

10 【図7】各磁気回転子のシートからの切断工程を説明する平面配置図である。

【図8】ハウジング自体の構造並びに磁気回転子に励磁用永久磁石及びハウジングを組み付けたサーキュレータの構成を示す分解斜視図及び斜視図である。

【図9】内導体溶融式によるサーキュレータ及び組立式のサーキュレータの特性を比較する図である。

【図10】本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成、及びサーキュレータの組立てを概略的に示す分解斜視図である。

20 【図11】図10の先行技術における共振用キャパシタの分解斜視図である。

【図12】本発明の一実施形態である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図13】本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図14】本出願人のまたさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの磁気回転子の構成を概略的に示す分解斜視図である。

30 【図15】本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの一部の構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図16】本出願人のさらに他の先行技術である3端子サーキュレータの一部の構成を概略的に示す分解斜視図である。

【図17】図16のサーキュレータの構成原理図である。

40 【図18】従来の一般的な集中定数型サーキュレータにおける磁気回転子の分解斜視図である。

【図19】従来の一般的な集中定数型サーキュレータの組立ての様子を示す分解斜視図である。

【図20】回転高周波磁界に対する磁性体の透磁率を示す特性図である。

【符号の説明】

10 磁性体層

11 内部導体

12 端子電極

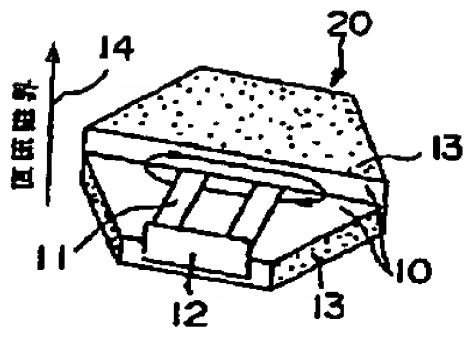
13 接地導体

50 20 磁気回転子

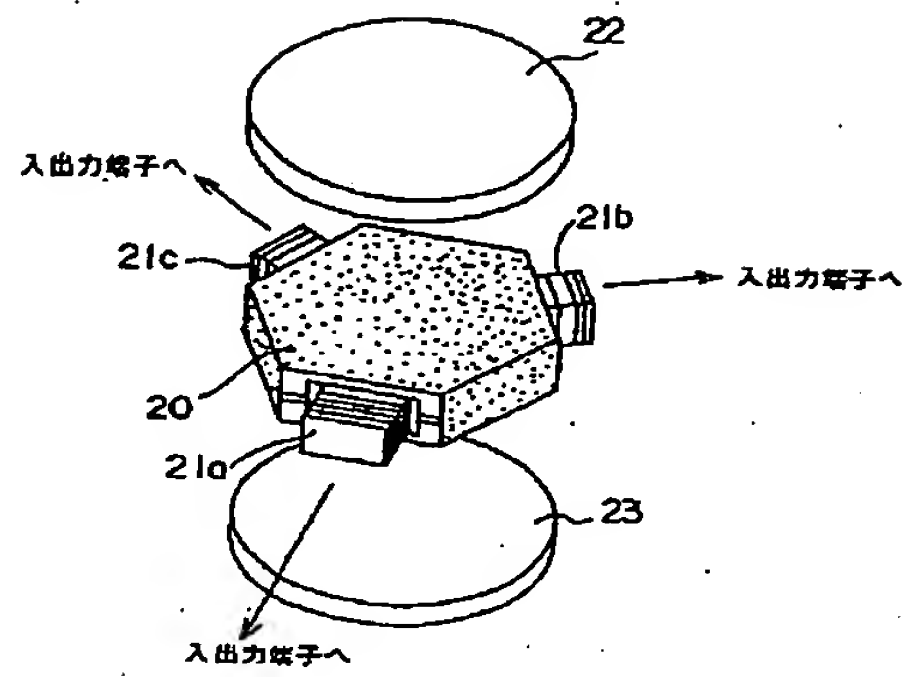
21a、21b、21c 共振用キャパシタ

* * 22、23 励磁用永久磁石

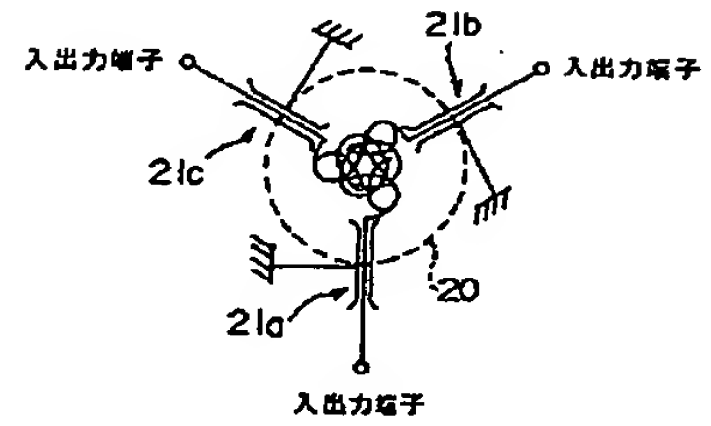
【図1】



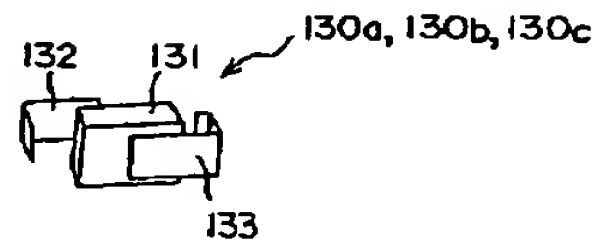
【図2】



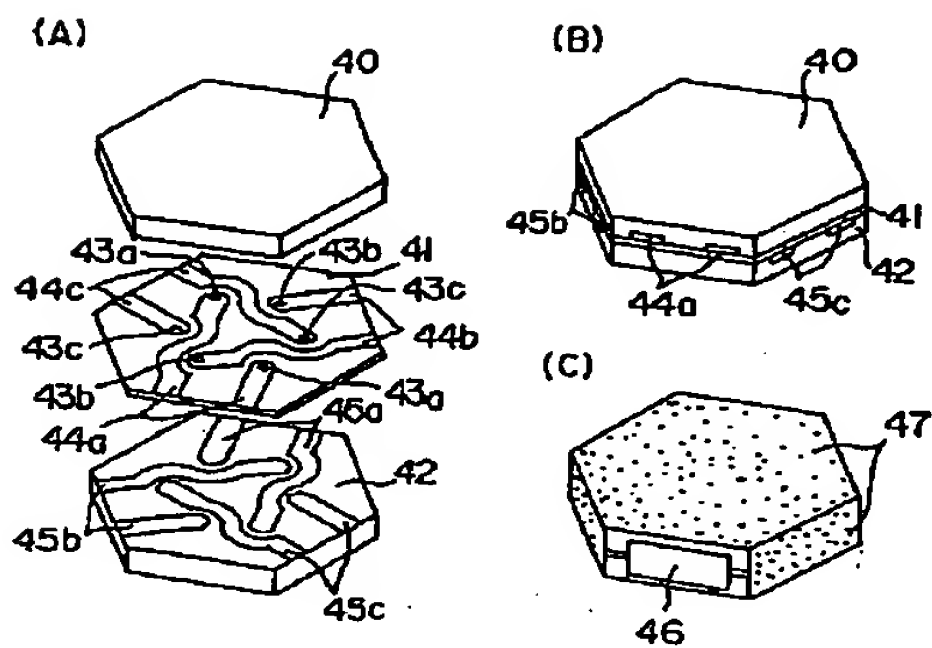
【図3】



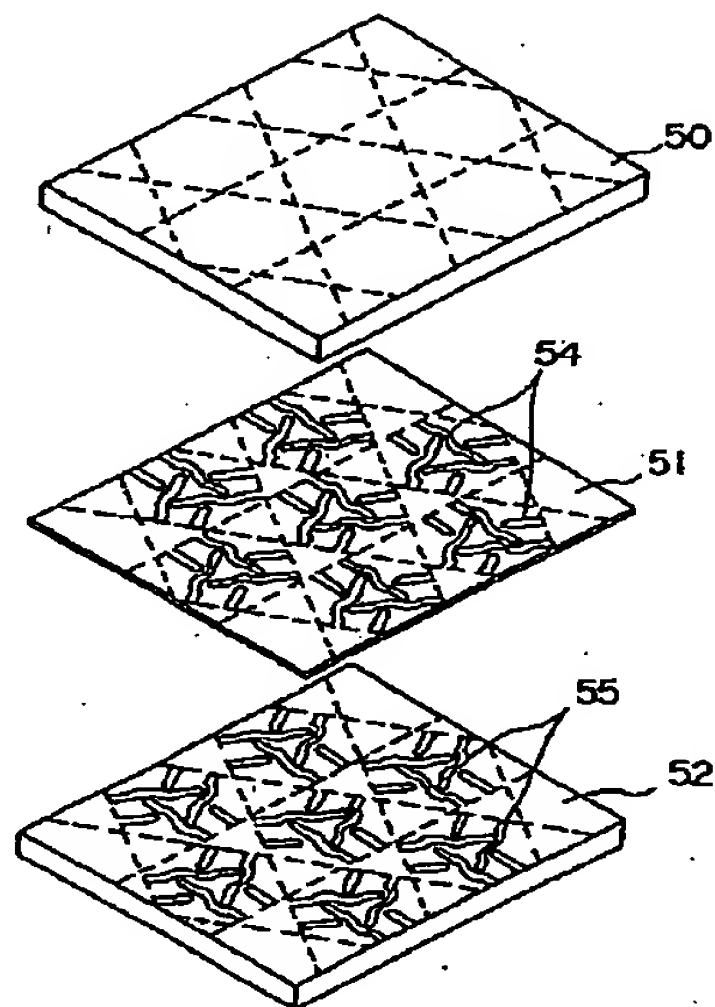
【図11】



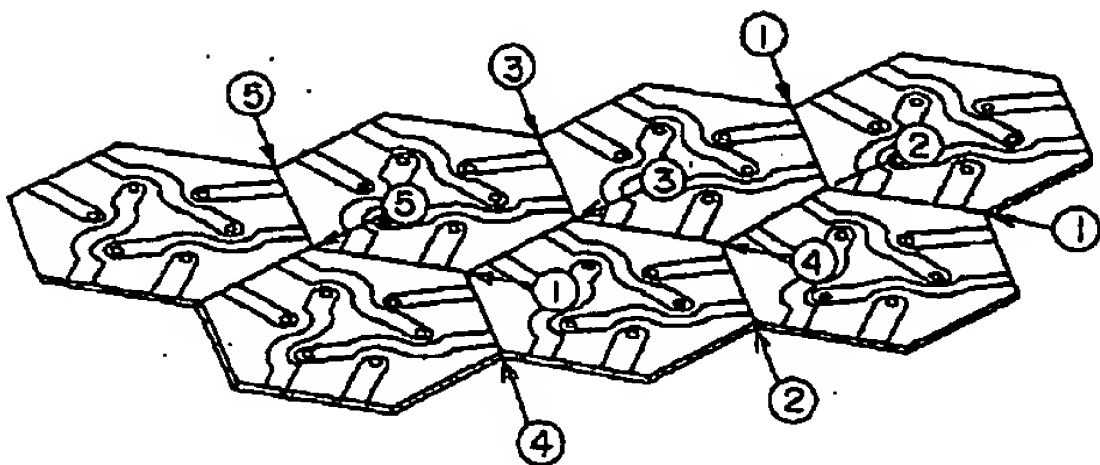
【図4】



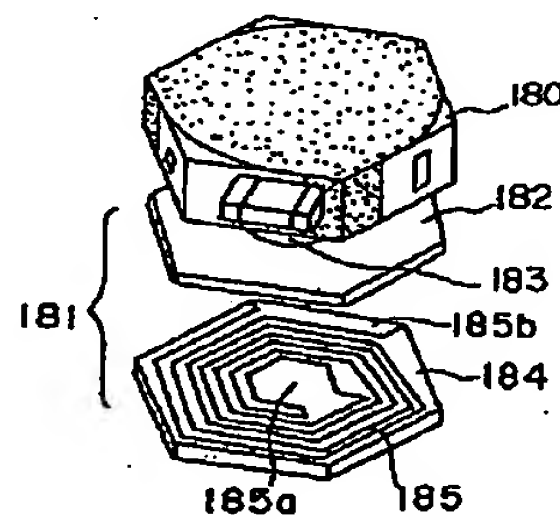
【図5】



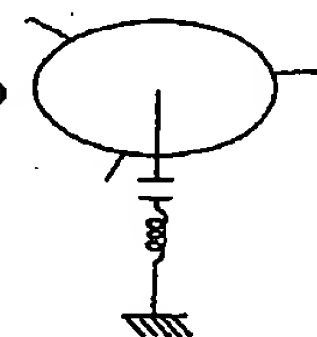
【図6】



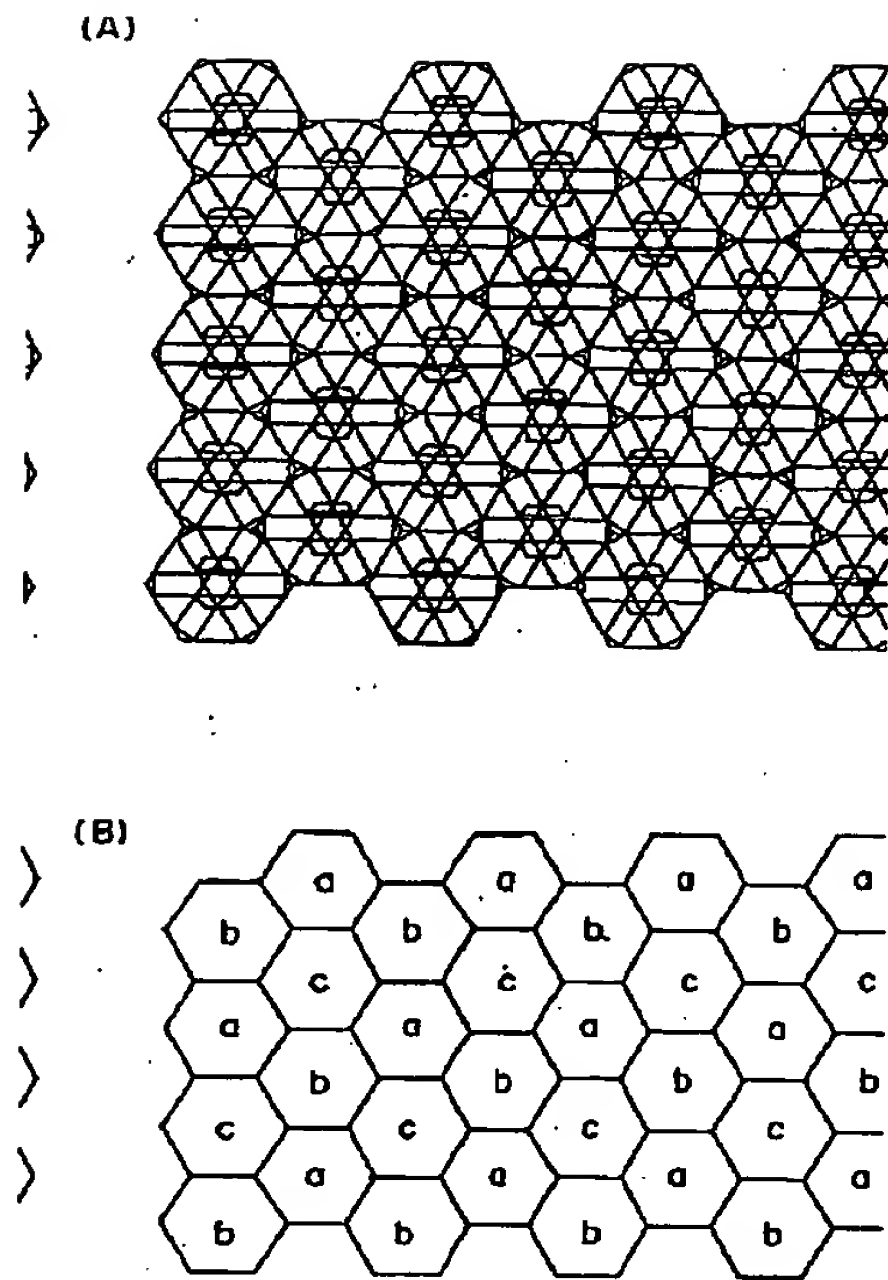
【図16】



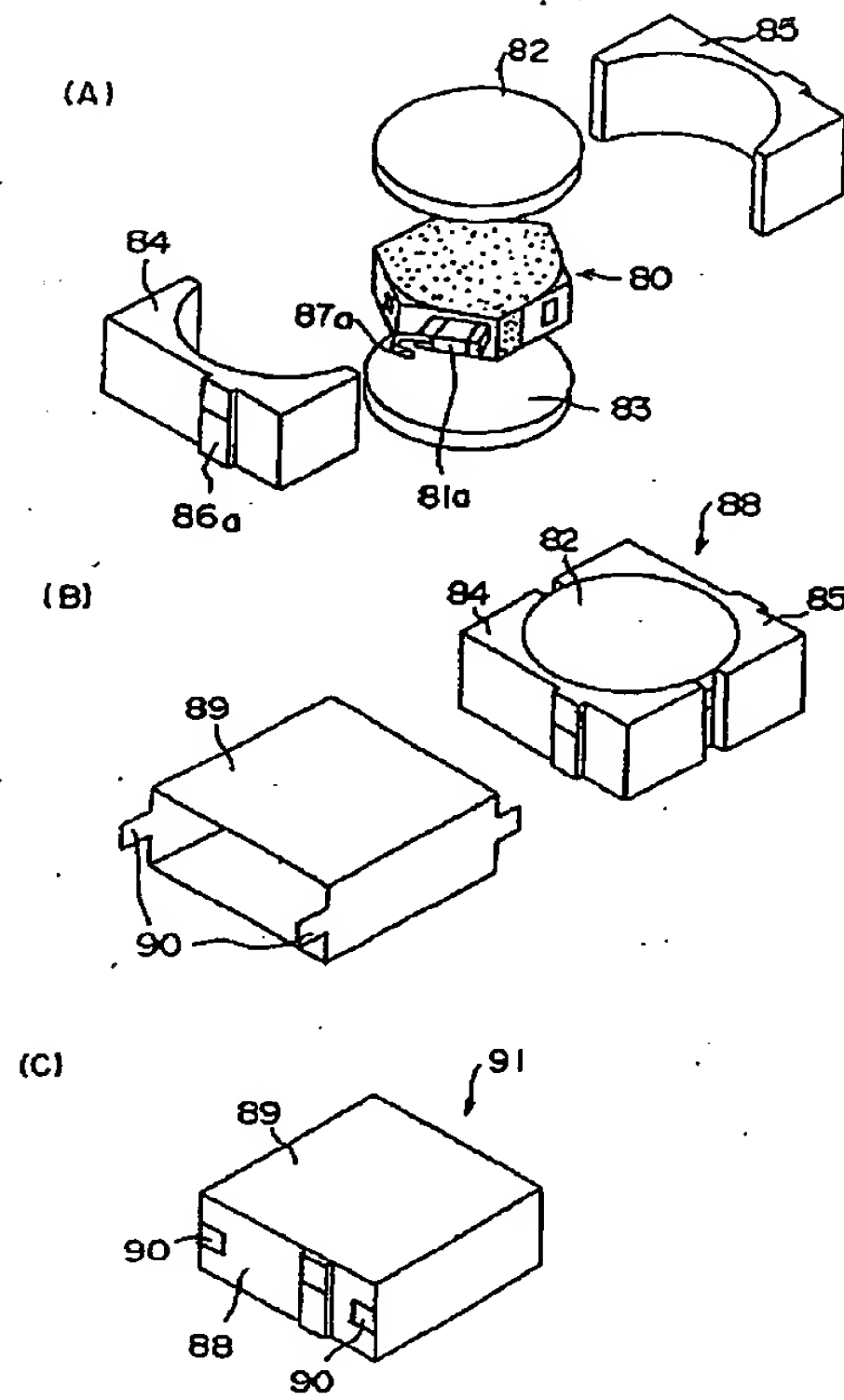
【図17】



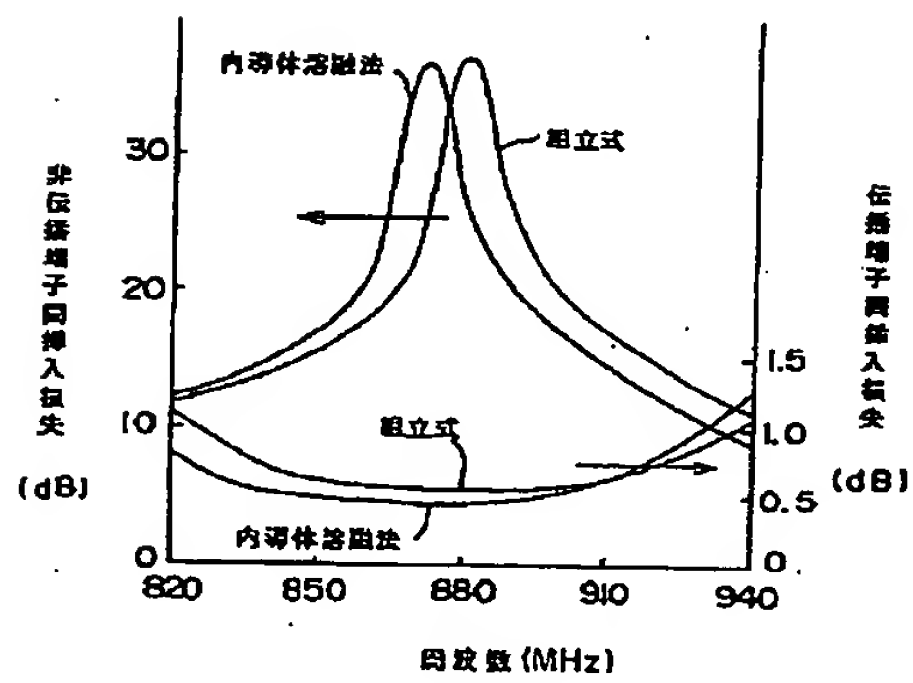
【図7】



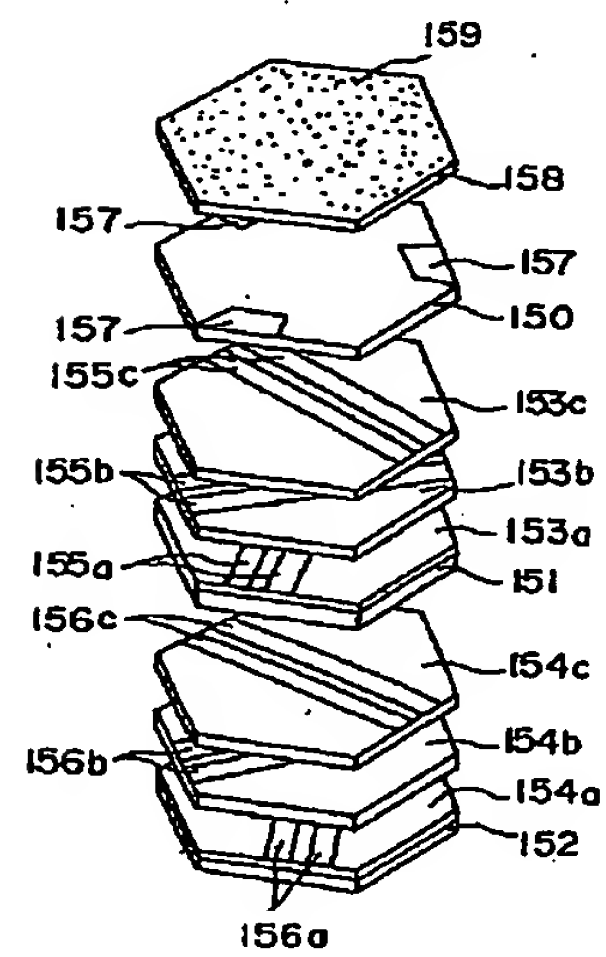
【図8】



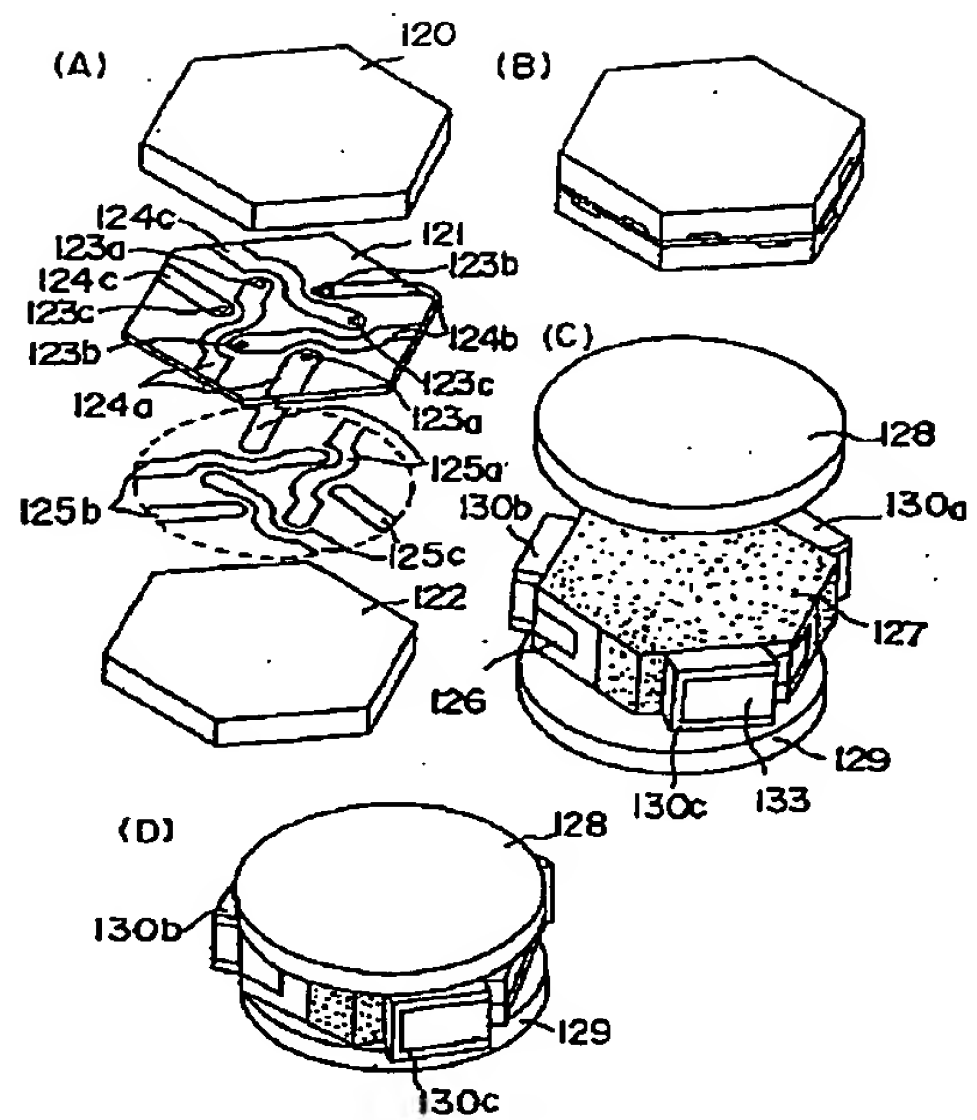
【図9】



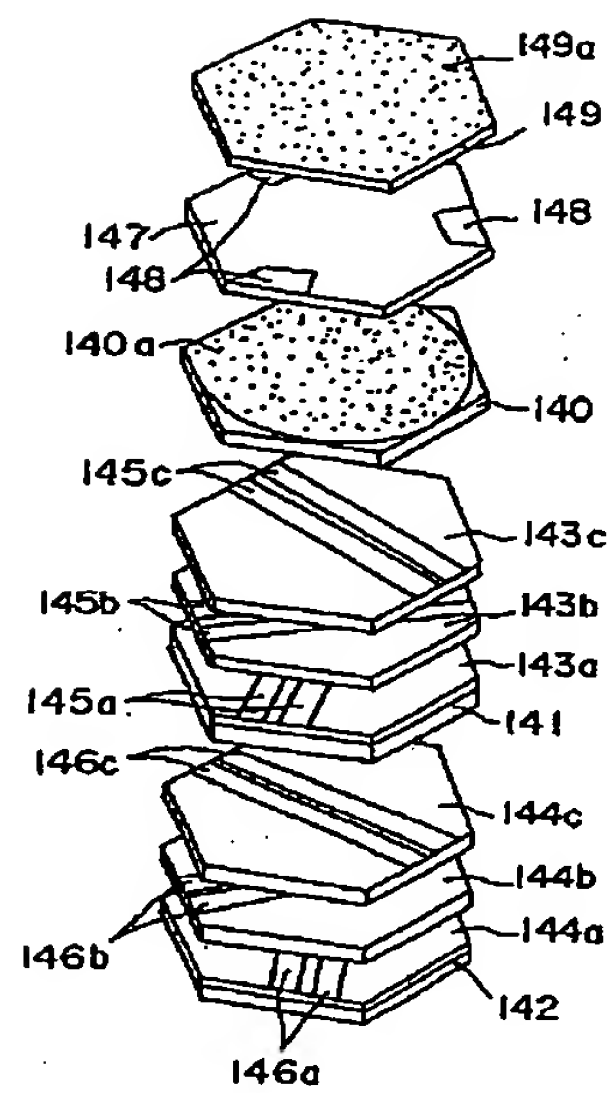
【図13】



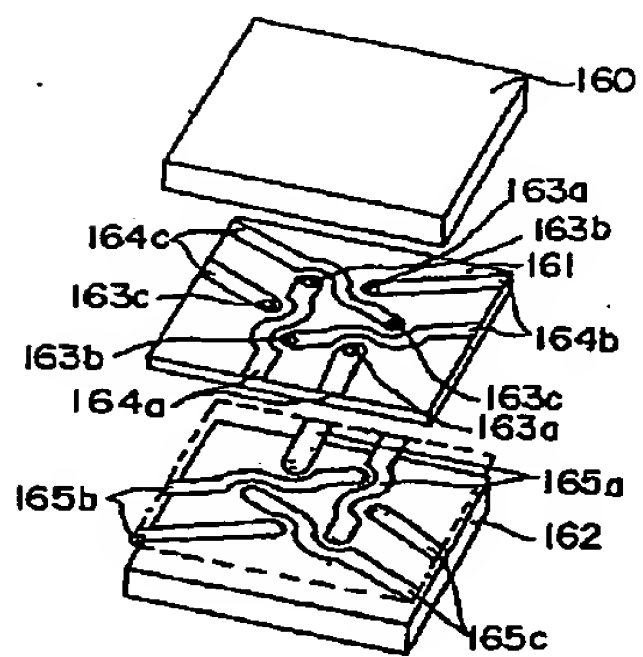
【図10】



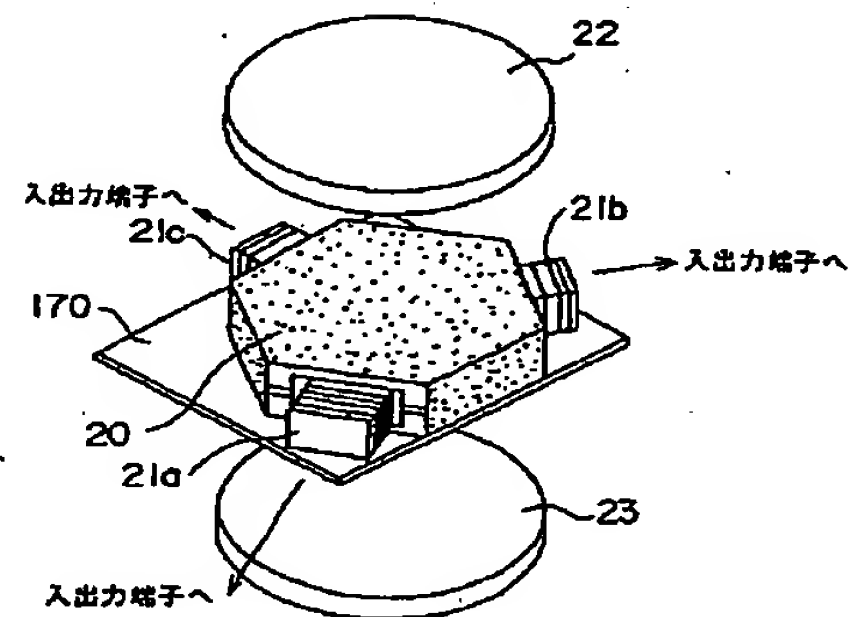
【図12】



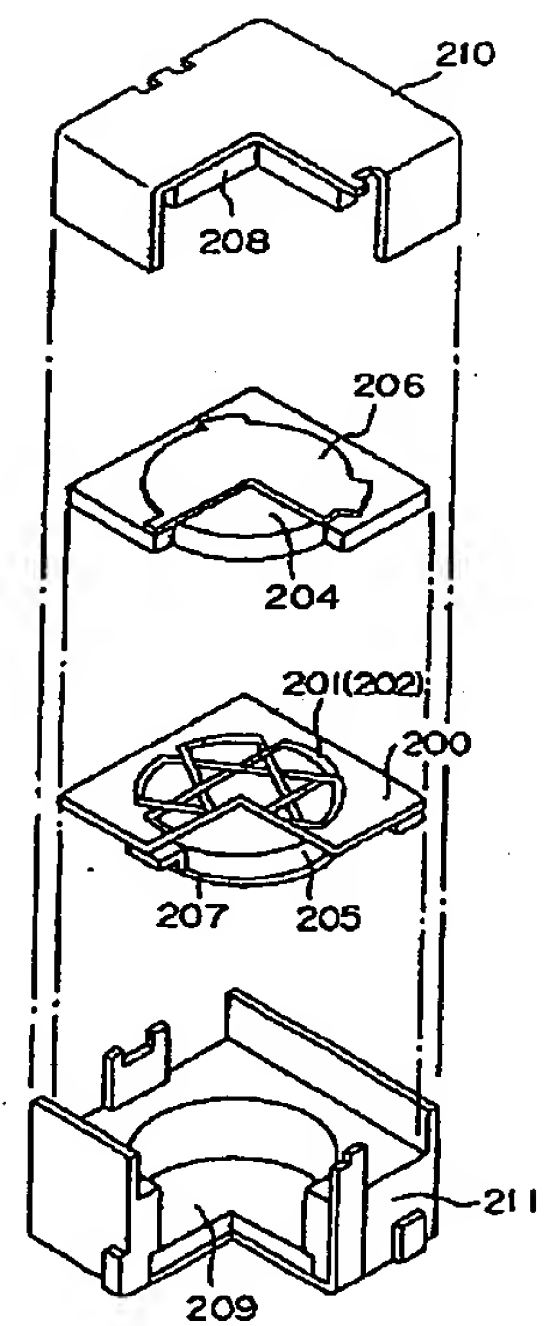
【図14】



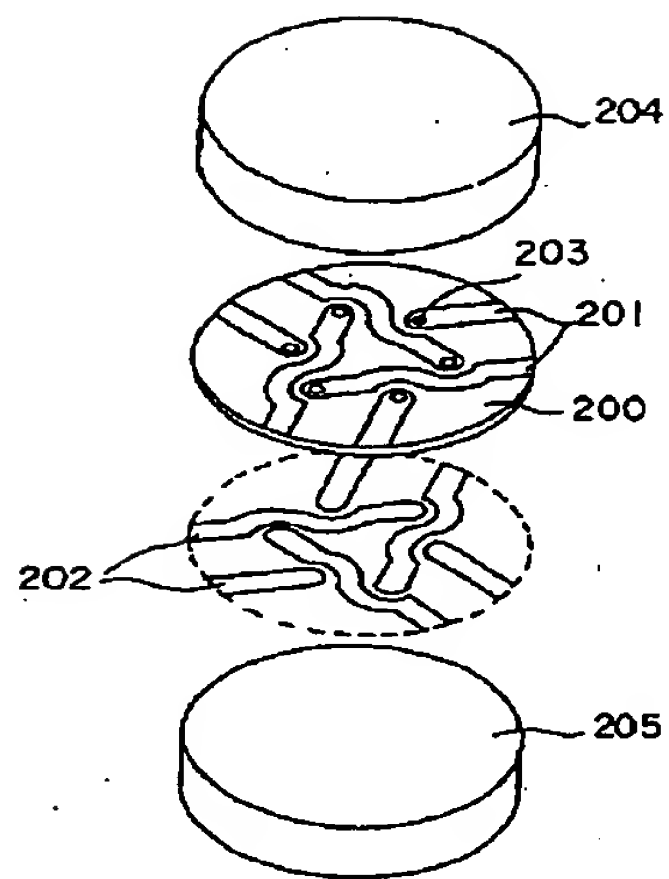
【図15】



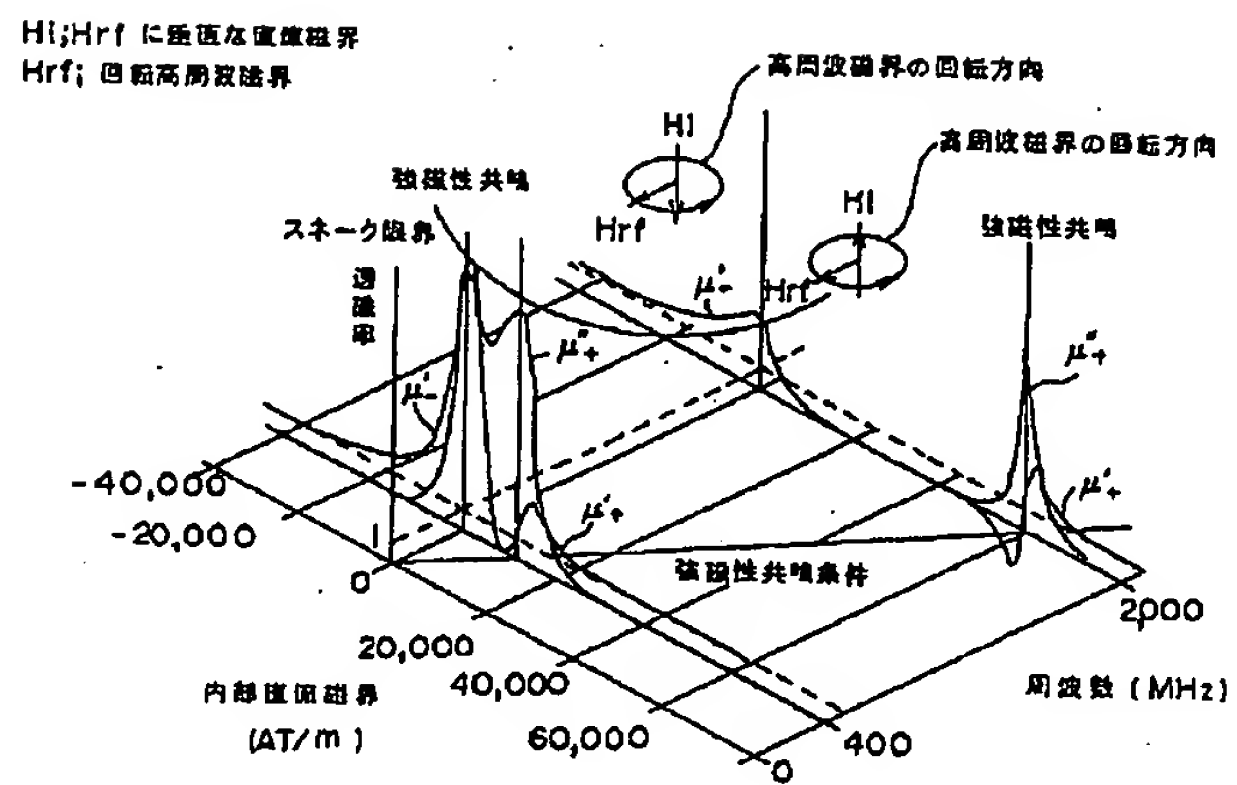
【図19】



【図18】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 藤井 忠雄
東京都中央区日本橋一丁目13番1号ティー
ディーケー株式会社内